



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Patentschrift**  
⑩ **DE 101 56 348 C 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 16 D 65/21**  
F 16 D 55/46  
B 60 T 13/74

⑦<sup>1</sup> Aktenzeichen: 101 56 348.5-12  
⑦<sup>2</sup> Anmeldetag: 16. 11. 2001  
⑦<sup>3</sup> Offenlegungstag: -  
⑦<sup>4</sup> Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 30. 4. 2003

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑥<sup>6</sup> Innere Priorität:  
101 24 754. 0 21. 05. 2001

⑦<sup>7</sup> Patentinhaber:  
eStop GmbH, 82284 Grafrath, DE

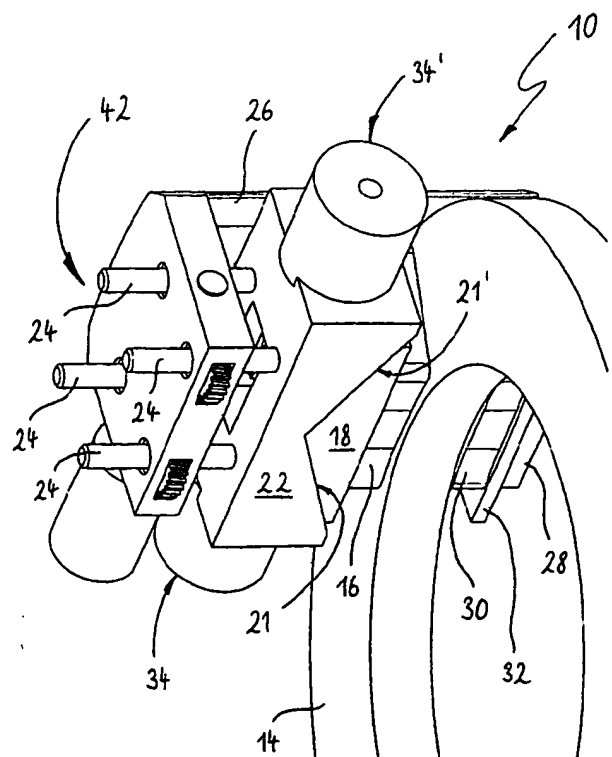
⑦<sup>8</sup> Vertreter:  
WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und  
Rechtsanwälte, 81541 München

⑦<sup>9</sup> Erfinder:  
Schautt, Martin, 80333 München, DE

⑥<sup>5</sup> Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
DE 198 19 564 C2

⑤<sup>4</sup> **Elektromechanische Bremse mit spielfreier Betätigung**

⑤<sup>7</sup> Die Erfindung betrifft eine elektromechanische Bremse (10), insbesondere für Fahrzeuge, mit einem elektrischen Aktuator, der eine Betätigungskraft erzeugt und auf zumindest ein Reibglied (16) wirkt, um dieses zum Hervorrufen einer Reibkraft gegen ein drehbares, abzubremsendes Bauteil (14) der Bremse zu drücken, und einer zwischen dem Reibglied (16) und dem elektrischen Aktuator angeordneten Selbstverstärkungseinrichtung, die zur Selbstverstärkung der vom elektrischen Aktuator erzeugten Betätigungskraft führt und wenigstens einen Keil (18) mit einem Steigungswinkel  $\alpha$  aufweist, der sich an einem zugehörigen Widerlager (22) abstützt. Zur Verbesserung der Regelbarkeit einer solchen Bremse (10) weist der elektrische Aktuator zwei Antriebe (34, 34') auf, die auf den Keil (18) wirken und die zum Erzeugen der Betätigungskraft gegeneinander arbeiten können, um eine spielfreie Betätigung der Bremse (10) zu gewährleisten. Im Bereich geringer Betätigungskräfte, d. h. in einem Bereich  $\tan \alpha \approx \mu$ , wobei  $\mu$  der zwischen dem Reibglied (16) und dem abzubremsenden Bauteil (14) herrschende Reibungskoeffizient ist, arbeiten die beiden Antriebe (34, 34') zur Erzeugung der Betätigungskraft gegeneinander.



**DE 101 56 348 C 1**

**DE 101 56 348 C 1**

mit dem Keil verbundenen Reibgliedes ist, und mit einem inneren Regelkreis, dessen Regelgröße die aus den Positionssignalen der Linearaktuatoren ermittelte Position des mit dem Keil verbundenen Reibgliedes und dessen Stellgröße der Motorstrom oder die Motorspannung der Elektromotoren der Linearaktuatoren ist. Eine Positionsregelung des Keiles und insbesondere die beschriebene Kaskadenregelung ist regelungstechnisch vorteilhaft, da zwischen dem Reibungskoeffizienten  $\mu$  und der Keilposition lediglich ein linearer Zusammenhang besteht. Eine solche Regelung ist daher schnell, genau und störunanfällig.

[0010] Bei bevorzugten Ausführungsbeispielen der erfindungsgemäßen Bremse weist der Keil oder jeder Keil der Selbstverstärkungseinrichtung für jede der beiden Drehrichtungen des abzubremsenden Bauteils wenigstens eine Keilfläche auf. Vorzugsweise ist der Steigungswinkel der für die beiden Drehrichtungen vorgesehenen unterschiedlichen Keilflächen der gleiche, so daß der Keil einen symmetrischen Aufbau hat, jedoch können die Steigungswinkel für Vorwärtsdrehung und Rückwärtsdrehung des abzubremsenden Bauteils auch unterschiedlich gewählt werden.

[0011] Üblicherweise sind Bremsen nicht mit nur einem Reibglied, sondern mit zumindest zwei Reibgliedern versehen, die einander gegenüberliegen und auf unterschiedliche Seiten des abzubremsenden Bauteils einwirken. Vorzugsweise stützt sich deshalb das Widerlager für den Keil der Selbstverstärkungseinrichtung an einem Sattel ab, der das abzubremsende Bauteil übergreift und der mit dem weiteren Reibglied verbunden ist. Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Bremse ist das abzubremsende Bauteil eine Bremsscheibe und der Sattel ist ein Schwimmsattel. Schwimmsattelbremsen und deren Funktionsprinzip sind Fachleuten auf dem hier in Rede stehenden Gebiet wohlbekannt, so daß weitere Erläuterungen hierzu nicht erforderlich sind.

[0012] Wie schon bei der aus der DE 198 19 564 C2 bekannten Bremse ist auch bei der erfindungsgemäßen Bremse vorzugsweise eine Einrichtung zum Vergleichen eines Sollwertes der Reibkraft mit dem Istwert der Reibkraft vorhanden, die bei einer Abweichung des Istwertes vom Sollwert den elektrischen Aktuator zum entsprechenden Erhöhen oder Verringern der erzeugten Betätigungskraft ansteuert und so den Istwert dem Sollwert der Reibkraft angleicht. Mit anderen Worten, die erfindungsgemäße Bremse ist vorzugsweise reibkraftgeregelt. Die Reibkraft entspricht bis auf ihr Vorzeichen der Bremskraft bzw. dem Bremsmoment.

[0013] Alle Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Bremse können so ausgestaltet sein, daß der Steigungswinkel  $\alpha$  der Keilfläche mit zunehmender Verschiebung des Keiles in Betätigungsrichtung abnimmt, d. h. der Steigungswinkel wird über den Zustellweg der Bremse kleiner. Auf diese Weise läßt sich ein noch besseres Regelungsverhalten der erfindungsgemäßen Bremse erzielen.

[0014] In einer abgewandelten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Bremse ist der elektrische Aktuator ein Linearmotor, dessen Schubglied auf den Keil der Selbstverstärkungseinrichtung wirkt. Da ein Linearmotor per se kein Spiel aufweist, sind bei einer solchen Ausführungsform keine zwei gegeneinander arbeitenden Antriebe erforderlich, sondern es genügt ein einziger Antrieb.

[0015] Ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Bremse wird im folgenden anhand der beigefügten, schematischen Figuren näher erläutert. Es zeigt:

[0016] Fig. 1 eine als Scheibenbremse ausgeführte erfindungsgemäße elektromechanische Bremse von der Seite,

[0017] Fig. 2 eine räumliche Ansicht der erfindungsgemäßen Bremse von schräg unten,

[0018] Fig. 3 die Ansicht aus Fig. 2 ohne Nachstellvor-

richtung und Widerlager,

[0019] Fig. 4 den Schnitt II-II aus Fig. 1,

[0020] Fig. 5 den Schnitt III-III aus Fig. 1,

[0021] Fig. 6 den Schnitt IV-IV aus Fig. 4,

5 [0022] Fig. 7 eine Schnittansicht gemäß Fig. 4, die den betätigten Zustand der erfindungsgemäßen Bremse bei Vorwärtsfahrt darstellt,

[0023] Fig. 8 die Schnittansicht aus Fig. 7, nun jedoch für einen betätigten Zustand der Bremse bei Rückwärtsfahrt,

10 [0024] Fig. 9 den Schnitt V-V aus Fig. 4,

[0025] Fig. 10 die Schnittansicht aus Fig. 4 mit weitgehend abgenutzten Reibbelägen, und

[0026] Fig. 11 ein die grundsätzliche Funktion der erfindungsgemäßen Bremse illustrierendes Schaubild.

15 [0027] Die Fig. 1 und 2 zeigen eine als Scheibenbremse ausgebildete elektromechanische Bremse 10 mit einem Gehäuse 12 und einer um eine Achse A drehbaren Bremsscheibe 14.

[0028] Wie besser aus den Fig. 3, 4 und 5 ersichtlich, weist die Bremse 10 einen ersten Reibbelag 16 auf, der mit der Vorderseite eines als Belagträger dienenden Keiles 18 fest verbunden ist, beispielsweise durch Kleben. Auf seiner Rückseite hat der Keil 18 für jede Drehrichtung der Bremsscheibe 14 eine Keilfläche 20 bzw. 20', die beide unter einem Steigungswinkel  $\alpha$  zur Bremsscheibe 15 angeordnet sind und sich an komplementären Keilflächen 21, 21' eines blockförmigen Widerlagers 22 abstützen.

[0029] Das Widerlager 22 stützt sich über vier Gewindebolzen 24 an einem Bremssattel 26 (siehe Fig. 2 und 5) ab, der die Bremsscheibe 14 überspannt und einen zur Drehachse A hin gerichteten Arm 28 aufweist. Der Arm 28 dient zur Abstützung eines zweiten Reibbelages 30, der in üblicher Weise auf einer Belagträgerplatte 32 befestigt ist, die an der der Bremsscheibe 14 zugewandten Innenseite des Armes 28 anliegt.

[0030] Die Betätigungskraft der Bremse 10 wird von einem elektrischen Aktuator erzeugt, der zwei hier als Linearaktuatoren ausgeführte Antriebe 34 und 34' umfaßt. Jeder Antrieb 34, 34' umfaßt einen Elektromotor 36, 36' und eine von ihm angetriebene Schubstange 38, 38', die mit dem Keil 18 in Wirkverbindung steht. Im hier dargestellten Ausführungsbeispiel hat jeder Elektromotor 36, 36' eine integrierte Spindelmutter (nicht dargestellt) und die Schubstangen 38, 38' sind jeweils als mit der Spindelmutter zusammenwirkende Spindel ausgebildet. Ein ebenfalls nicht dargestellter Drehwinkelgeber in jedem Elektromotor 36, 36' ermöglicht die Bestimmung der genauen Position der zugehörigen Schubstange 38, 38' basierend auf den vom Elektromotor 36 oder 36' ausgeführten Umdrehungen und der Steigung des Spindeltriebes.

50 [0031] Der Keil 18 und das Widerlager 22 sind Teil einer Selbstverstärkungseinrichtung zur Verstärkung der von den Antrieben 34, 34' erzeugten Betätigungskraft. Hierzu sind die freien Enden der Schubstangen 38 und 38' in einer auf der Rückseite des Keiles 18 vorhandenen Aufnahme 40 so gelagert, daß eine Translationsbewegung der Schubstangen 38, 38' zu einer entsprechenden Verschiebung des Keiles 18 nach links oder rechts führt (siehe Fig. 3, 4 und 6). Zum Betätigen der Bremse 10 wird also der Keil 18 mit dem an ihm befestigten Reibbelag 16 in Drehrichtung der Bremsscheibe 14 verschoben (siehe Fig. 7 und 8), und zwar durch eine Translationsbewegung der beiden Schubstangen 38 und 38'. Dabei stützt sich der Keil 18 über seine eine Keilfläche 20 oder 20' an der zugehörigen, komplementären Keilfläche 21 oder 21' des Widerlagers 22 ab und bewegt sich nicht nur nach links oder rechts, sondern auch auf die Bremsscheibe 14 zu. Sobald der erste Reibbelag 16 in Kontakt mit der Bremsscheibe 14 kommt, entsteht eine Reaktionskraft, die

[0040] Durch das gegensinnige Arbeiten der beiden Antriebe 34, 34' ist die Betätigung des Keiles 18 spielfrei. Diese Spielfreiheit ist für den Betrieb der Bremse 10 im Bereich der optimalen Selbstverstärkung wichtig, denn in diesem Bereich kann es aufgrund des sich während des Betriebes der Bremse ändernden Reibungskoeffizienten  $\mu$  zu einem schnellen Wechsel zwischen Zuständen, in denen  $\mu$  kleiner  $\tan \alpha$  ist, und Zuständen kommen, in denen  $\mu$  größer  $\tan \alpha$  ist. Mit anderen Worten, in dem Bereich um den Punkt der optimalen Selbstverstärkung herum kann es einen schnellen Wechsel zwischen Zuständen geben, in denen eine positive Eingangskraft  $F_A$  gefordert ist, und Zuständen, in denen eine negative Eingangskraft  $F_A$  notwendig ist, um eine bestimmte, gewünschte Bremskraft aufrechtzuerhalten. Wäre der Aktuator nicht spielfrei, würde bei jedem Vorzeichenwechsel der Eingangskraft  $F_A$  das im Aktuator vorhandene Spiel durchlaufen werden, was zu undefinierten Zuständen und damit zu einer schlechten Regelbarkeit der Bremse führen würde. Die spielfreie Betätigung mittels der beiden im Normalfall gegensinnig arbeitenden Antriebe 34, 34' vermeidet dieses Problem wirkungsvoll.

[0041] In Betriebszuständen, in denen sich der Wert des Reibungskoeffizienten  $\mu$  stark vom Tangens des Steigungswinkels  $\alpha$  unterscheidet, sind größere Eingangskräfte  $F_A$  erforderlich, um eine gewünschte Bremswirkung zu erzielen. In solchen Betriebszuständen arbeiten die beiden Antriebe 34, 34' miteinander, d. h. sie erzeugen gleichgerichtete Kräfte, indem einer der Antriebe auf den Keil 18 drückt und der andere Antrieb am Keil 18 zieht. Damit ein solches gleichsinniges Wirken der Antriebe möglich ist, sind beide Antriebe 34, 34' umsteuerbar ausgeführt, d. h. ihre Betätigungsrichtung läßt sich umkehren. Im gleichsinnigen Betrieb der Antriebe 34, 34' arbeitet der Aktuator der Bremse 10 nicht mehr spielfrei. Dies ist in der Praxis jedoch vernachlässigbar, da Betriebszustände, in denen erhöhte Eingangskräfte  $F_A$  erforderlich sind, nur selten auftreten und darüberhinaus in solchen Betriebszuständen ein eventuelles Überfahren des Aktuatorspiels tolerierbar ist.

[0042] Wie bereits kurz angedeutet wurde, kann sich der Reibungskoeffizient  $\mu$  in Abhängigkeit der Belastung der Bremse relativ stark ändern. Jede Reibwertänderung während eines Bremsvorgangs führt jedoch zu einer Änderung der Reibkraft  $F_F$  und somit zu einer sich ändernden Verzögerung des abzubremsenden Bauteiles der Bremse, welches vorliegend durch die Bremsscheibe 14 gebildet ist. Um diese unerwünschten Reibwertänderungen auszuregulieren, ist die dargestellte Scheibenbremse 10 mit einer nicht gezeigten Sensorik versehen, die eine ständige Messung der Reibkraft gestattet. Diese an sich bekannte Sensorik ist mit einem ebenfalls nicht dargestellten, elektronischen Steuergerät verbunden, das die erhaltenen Signale auswertet und insbesondere einen Vergleich zwischen einem vorgegebenen Sollwert der Reibkraft und dem tatsächlichen Istwert der Reibkraft vornimmt. Entsprechend dieser Auswertung der Signale werden die Antriebe 34, 34' von dem Steuergerät so angesteuert, daß durch Verschieben des Keiles 18 in oder entgegen der Drehrichtung der Bremsscheibe 14 eine Erhöhung oder Erniedrigung des Istwertes der Reibkraft erreicht wird, um den Reibkraft-Istwert an den Reibkraft-Sollwert heranzuführen.

[0043] Die Reibkraftregelung der Bremse 10 wird im dargestellten Ausführungsbeispiel über eine Positionsregelung des Keiles 18 erreicht. Regelungstechnisch ist dies vorteilhaft, da zwischen der Keilposition und dem Reibungskoeffizienten  $\mu$  lediglich ein linearer Zusammenhang besteht, der sich einfach, schnell und zuverlässig regeln läßt, beispielsweise mit einer Kaskadenregelung, die einen äußeren Regelkreis und einen inneren Regelkreis umfaßt. Im äußeren Re-

gelkreis ist das (gewünschte) Bremsmoment die Regelgröße, während die Keilposition die Stellgröße ist. Im inneren Regelkreis ist die Keilposition die Regelgröße, während die Stellgröße der Motorstrom oder auch die Motorspannung der Elektromotoren 36, 36' der Antriebe 34, 34' ist. Die Position des Keiles 18 läßt sich aufgrund der im Normalfall spielfreien Betätigung des Keiles 18 präzise durch die genannten Drehwinkelgeber bestimmen, die in den Elektromotoren 36, 36' enthalten sind.

[0044] Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Steigungswinkel  $\alpha$  über den Zustellweg der Bremse 10, genauer des Keiles 18, konstant. Bei nicht dargestellten Ausführungsformen ist der Steigungswinkel  $\alpha$  degressiv, d. h. er nimmt mit fortschreitendem Zustellweg ab.

#### Patentansprüche

1. Elektromechanische Bremse (10), insbesondere für Fahrzeuge, mit einem elektrischen Aktuator, der eine Betätigungskraft erzeugt und auf zumindest ein Reibglied (16) wirkt, um dieses zum Hervorrufen einer Reibkraft gegen ein drehbares, abzubremsendes Bauteil (14) der Bremse zu drücken, und einer zwischen dem Reibglied (16) und dem elektrischen Aktuator angeordneten Selbstverstärkungseinrichtung, die zur Selbstverstärkung der vom elektrischen Aktuator erzeugten Betätigungskraft führt und wenigstens einen Keil (18) mit einem Steigungswinkel  $\alpha$  aufweist, der sich an einem zugehörigen Widerlager (22) abstützt, **dadurch gekennzeichnet**, daß der elektrische Aktuator zwei Antriebe (34, 34') aufweist, die auf den Keil (18) wirken und die zum Erzeugen der Betätigungskraft gegeneinander arbeiten können, und daß die beiden Antriebe (34, 34') im Bereich geringer Betätigungskräfte, d. h. in einem Bereich  $\tan \alpha \approx \mu$ , wobei  $\mu$  der zwischen dem Reibglied (16) und dem abzubremsenden Bauteil (14) herrschende Reibungskoeffizient ist, zur Erzeugung der Betätigungskraft gegeneinander arbeiten.
2. Bremse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Antriebe (34, 34') im Bereich geringer Betätigungskräfte zur Erzeugung der Betätigungskraft an dem Keil (18) ziehen, derart, daß ein die Betätigungskraft darstellender Zugkraftüberschuß in Betätigungsrichtung resultiert.
3. Bremse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Antriebe (34, 34') im Bereich geringer Betätigungskräfte zur Erzeugung der Betätigungskraft auf den Keil (18) drücken, derart, daß ein die Betätigungskraft darstellender Druckkraftüberschuß in Betätigungsrichtung resultiert.
4. Bremse nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsrichtung der beiden Antriebe (34, 34') umsteuerbar ist, und daß die beiden Antriebe (34, 34') zur Erzielung höherer Betätigungskräfte miteinander arbeiten.
5. Bremse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Antriebe (34, 34') als Linearaktuatoren ausgeführt sind.
6. Bremse nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Linearaktuator einen Elektromotor (36, 36') mit integrierter Spindelmutter, eine als Schubstange (38, 38') ausgebildete Spindel und einen Drehwinkelgeber aufweist.
7. Bremse nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Keil (18) positionsgeregelt ist.
8. Bremse nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Positionsregelung eine Kaskadenregelung ist

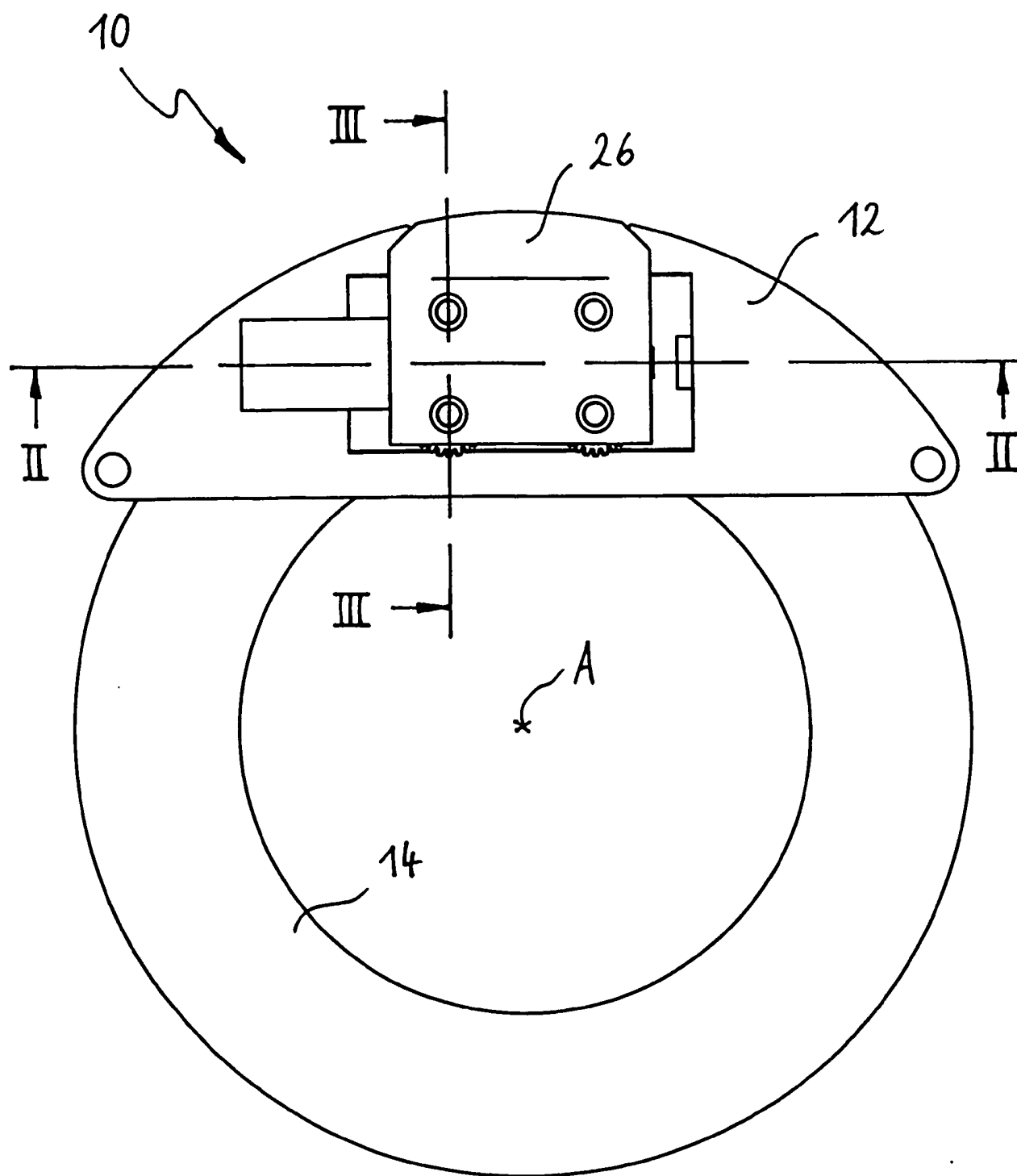


Fig. 1

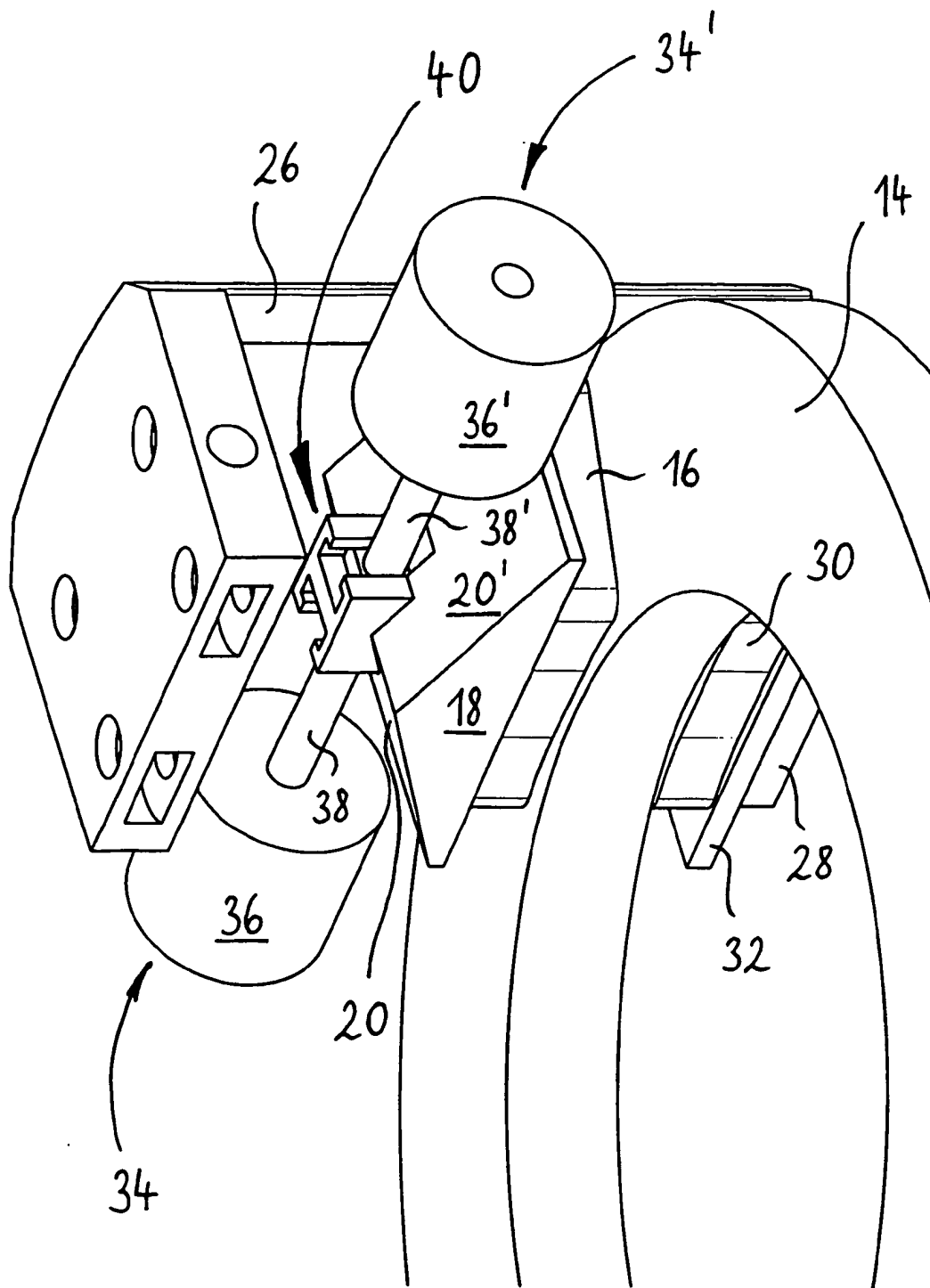


Fig. 3

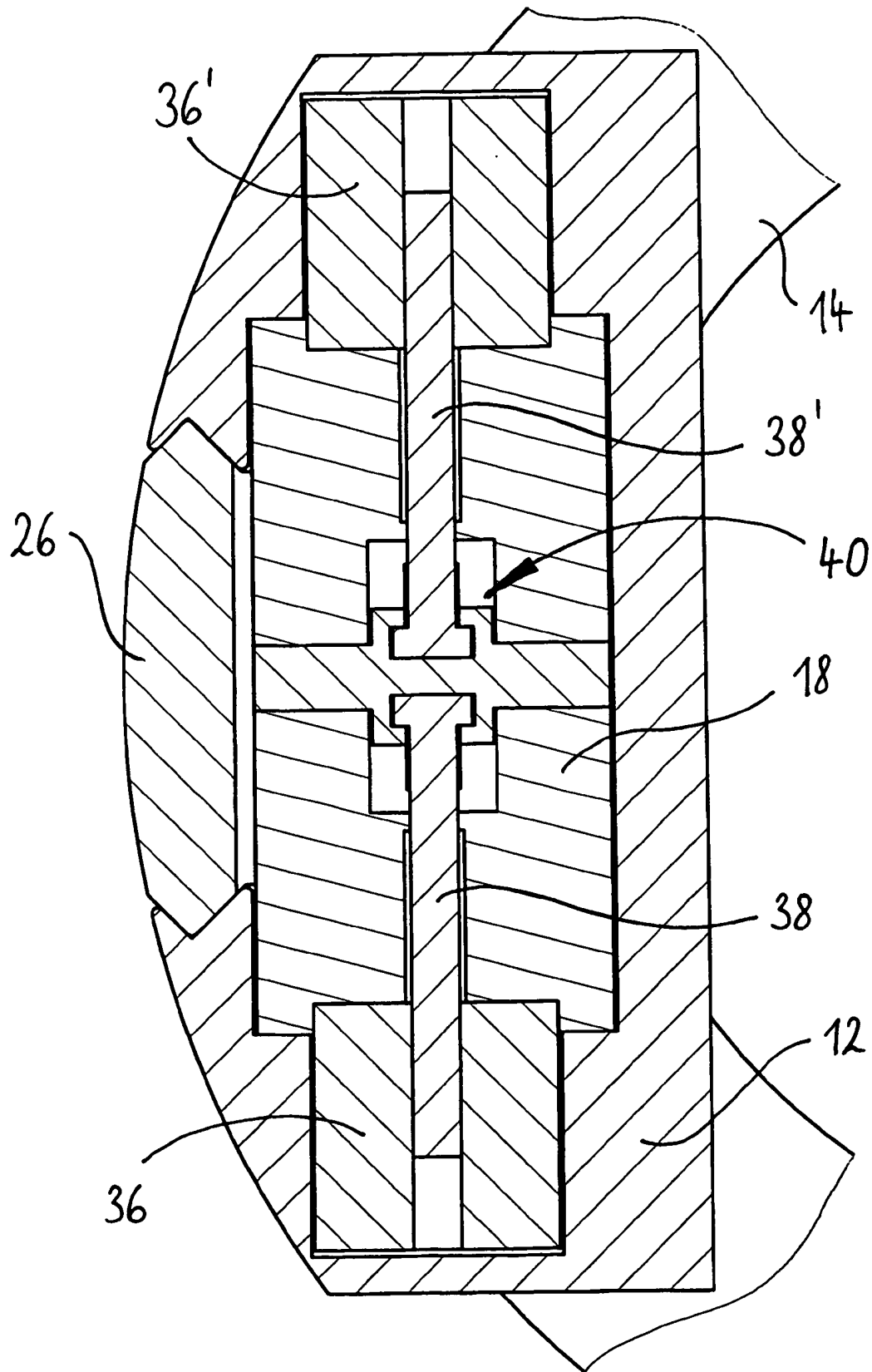


Fig. 6

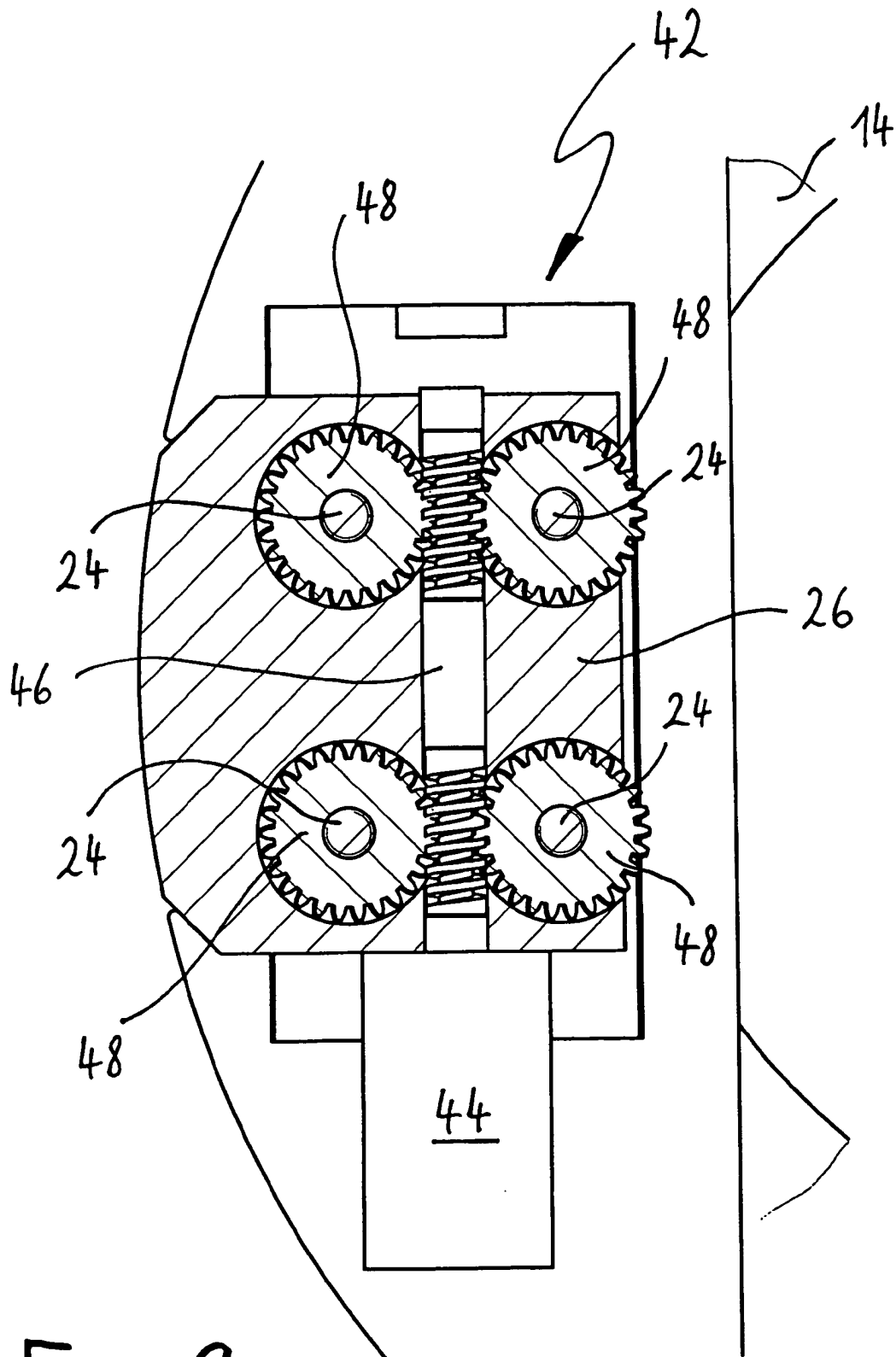


Fig. 9